

CLIPPEDIMAGE= JP02000082852A

PAT-NO: JP02000082852A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000082852 A

TITLE: MULTILAYERED PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND
MANUFACTURE THEREOF

PUBN-DATE: March 21, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|-----------------------|---------|
| KAPPEL, ANDREAS DR | N/A |
| MOCK, RANDOLF DR | |
| MEIXNER, HANS PROF DR | N/A |

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|------------|---------|
| SIEMENS AG | N/A |

APPL-NO: JP11214003

APPL-DATE: July 28, 1999

INT-CL_(IPC): H01L041/083; H01L041/22

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a multilayered piezoelectric actuator to be comparatively easily manufactured notwithstanding that it is optimized in cross sectional shape conforming to a cylindrical casing by a method wherein the casing circular in cross section is provided in the multilayered piezoelectric actuator hexagonal in cross section.

SOLUTION: A casing circular in cross section is provided in a multilayered piezoelectric actuator hexagonal in cross section. The unit layer 1 of the multilayered piezoelectric actuator equipped with an electrode structure 20 is

of an unprocessed member or a green member 10, and that is, the unit layer 1 is a unit layer that is not sintered or sintered. The electrode structure 20 is composed of a large number of hexagonal electrodes 2, where the hexagonal electrodes come into contact with each other at their corners. Triangular cutouts 5 are present among the electrodes 2 advantageously formed of AgPd, and these cutouts 5 are regions that are not filled up with material. The electrode structure 20 is deposited on the surface of the unprocessed member of the green member 10 preferably through screen printing.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-82852

(P2000-82852A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード [*] (参考) |
|---------------------------|------|---------------|--------------------------|
| H 0 1 L 41/083 | | H 0 1 L 41/08 | R |
| 41/22 | | 41/22 | Z |

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-214003

(22) 出願日 平成11年7月28日 (1999.7.28)

(31) 優先権主張番号 1 9 8 3 4 4 6 1. 9

(32) 優先日 平成10年7月30日 (1998.7.30)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 390039413

シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
SIEMENS AKTIENGESSEL
LSCHAFT

ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
ヴィッテルスバッハープラッツ 2

(72) 発明者 アンドレアス カベル

ドイツ連邦共和国 ブルンタール ツーク
シュピッツシュトラッセ 7

(74) 代理人 100061815

弁理士 矢野 敏雄 (外 3 名)

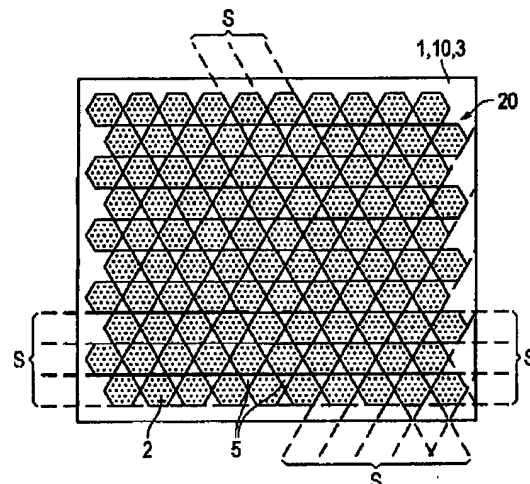
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多層圧電アクチュエータおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 多層圧電アクチュエータにおいて、横断面形状がシリンダ状ケーシングに合わせて最適化され、それにもかかわらず容易に製造できるように構成する。

【解決手段】 多層圧電アクチュエータは少なくとも2つの圧電単層1から成り、それらは少なくとも1つの電極2によって電気的に制御可能である。この場合、横断面形状は六角形である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 六角形の横断面形状をもつ多層圧電アクチュエータにおいて、円形の横断面をもつケーシングが設けられていることを特徴とする多層圧電アクチュエータ。

【請求項2】 少なくとも1つの電極(2)はAgPdから成る、請求項1記載のアクチュエータ。

【請求項3】 少なくとも1つの圧電単層(1)は、 $PbTiO_3$ 、 $PbZrO_3$ またはPZTから成る、請求項1または2記載のアクチュエータ。

【請求項4】 電極(2)の一方の面に切り欠きが設けられている、請求項1～3のいずれか1項記載のアクチュエータ。

【請求項5】 電極(2)の交互に設けられた外部コンタクトにより、多重のプレートコンデンサに等価の多層電極構造体を得られる、請求項1～4のいずれか1項記載のアクチュエータ。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項記載の多層圧電アクチュエータの製造方法において、生部材(10)の表面に電極構造体(20)を設け、少なくとも2つの生部材(10)を互いに重ね合わせ、その後、結合して1つのコンパクトな固体(3)を形成し、該コンパクトな固体(3)から切断用鋸により、六角形の横断面形状をもつ少なくとも1つの多層圧電素子を形成し、該多層圧電素子を円形の横断面をもつケーシング中に挿入することを特徴とする、多層圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項7】 前記生部材(10)を焼結し結合して、コンパクトな固体(3)を形成する、請求項6記載の方法。

【請求項8】 前記生部材(10)をシート鋳込みまたはシート引き抜きにより形成する、請求項6または7記載の方法。

【請求項9】 前記電極構造体(20)をスクリーン印刷により前記生部材(10)上に被着させる、請求項6～8のいずれか1項記載の方法。

【請求項10】 多層圧電素子(4)の電極(2)を、前記のコンパクトな固体(3)から平行な鋸カットライン(S)および60°旋回された鋸カットライン(S)により個別化する、請求項6～9のいずれか1項記載の方法。

【請求項11】 生部材(10)の電極構造体(20)を、複数の六角形状電極(2)から成る規則的なパターンによって構成する、請求項6～10のいずれか1項記載の方法。

【請求項12】 切り捨て領域(5)を前記電極構造体(20)の厚さに対応する充填材料で満たす、請求項6～11のいずれか1項記載の方法。

【請求項13】 多層圧電素子(4)の平坦な外面上に外部コンタクト(6)を設ける、請求項6～12のいずれか1項記載の方法。

【請求項14】 外部コンタクト(6)の設けられた表面において少なくとも部分的に、1つおきの電極(2)に切り欠きを形成する、請求項13記載の方法。

【請求項15】 前記外部コンタクト(6)を電気的なコンタクトタグのレーザはんだ付けにより被着する、請求項13または14記載の方法。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、六角形の横断面形状をもつ多層圧電アクチュエータおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】高速な調整過程を解決するため、多層圧電アクチュエータ(PMA = Piezoelektrischer Multilayer-Aktor)の使用が増えてきている。この種のアクチュエータはこれまで製造技術的な理由で、もっぱら矩形または正方形の横断面形状をもつものしか使えなかった。コンポーネントの微小化を顧慮して、利用可能な構造空間を最適に利用する努力が払われてきた。正方形の多層圧電アクチュエータをシリンダ状のケーシングに配置した場合、ケーシングの横断面積は約63.7%までしか利用されないため、この種の多層素子において電気機械的に重要な特性に関する値たとえば、

$$\text{剛性 } C_p = (A/L) E_M \quad [N/m]$$

(ここでA = 横断面積 $[m^2]$ 、L = アクチュエータ長 $[m]$ 、 E_M = 弾性率 $[GPa]$) や、

$$30 \text{ 制止力 } F_B = A E_M d_{33} E_F \quad [N]$$

(ここで d_{33} = 圧電率 $[m/V]$ 、 E_F = 電界強度 $[V/m]$) なども、このような意味で最適なシリンダ状のPMAの値の約0.64倍の値にしかならない。とはいえシリンダ状のPMAは製造技術的な観点から見て極端に手間がかかり、したがって採算に見合うように製造することができない。たとえばセラミックスに類する圧電アクチュエータを研磨するためには、たとえば非常に高価なダイヤモンド研磨ディスクなどを用いて高いコストをかけなければならない。なお、セラミックスに類する材料とは、セラミックスまたは機械的にセラミックスに類似の材料のことである。

【0003】アクチュエータの幾何学的形状は個々の用途ごとに決められているので、このことからたいいの場合に使用されるシリンダ状ケーシングの横断面形状に対し制限が生じ、これによりこの種のケーシングの直径が不必要に大きくなってしまう。このような問題点を取り除くための、あるいは最小限に抑えるための実用的な解決策は、これまで知られていなかった。

【0004】

50 【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の課

題は、横断面形状がシリンダ状ケーシングに合わせて最適化されており、それにもかかわらず比較的容易に製造可能な多層圧電アクチュエータおよびその製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明によればこの課題は、六角形の横断面形状をもつ多層圧電アクチュエータにおいて、円形の横断面をもつケーシングが設けられていることを特徴とする多層圧電アクチュエータによって解決される。さらに上記の課題は、生部材の表面に電極構造体を設け、少なくとも2つの生部材を互いに重ね合わせ、その後、結合して1つのコンパクトな固体を形成し、該コンパクトな固体から切断用鋸により、六角形の横断面形状をもつ少なくとも1つの多層圧電素子を形成し、該多層圧電素子を円形の横断面をもつケーシング中に挿入することを特徴とする、多層圧電アクチュエータの製造方法によって解決される。

【0006】

【発明の実施の形態】本発明が基礎とする着想は、六角形の横断面形状をもつ多層圧電アクチュエータを使用することである。

【0007】これにより得られる利点とは、PMAのスペースファクタが正方形の横断面形状をもつアクチュエータよりも30%～82.7%、高められることである。

*る。

【0008】しかも、六角形のPMAを製造するために慣用の直線的な鋸カットラインを利用できる。有利にはこの点で、それよりも高いオーダのn角形よりも六角形の基本構造が優れている。六角形の周囲長は正方形の周囲長よりも僅かにしか増えないので、PMA外面に対するコストのかかる後処理は無視できる程度である。

【0009】次に、図面を参照しながら本発明による多層圧電アクチュエータの実施例について詳しく説明する。

【0010】

【実施例】図1は円周 U_3 を上から見た図であり、そこにはこの円を占有する正方形 U_1 と六角形 U_2 の周囲形状も描かれている。占有されている個々の平面は、円、正方形ないしは六角形の横断面形状に対応する。この場合、六角形の角の二等分線が破線で描かれており、さらにこれらの二等分線が互いに成す角度が ϕ で表されている。正方形および六角形の角の二等分線の長さに対応する円の半径は r で表されている。

【0011】以下の表には円、正方形ないしは六角形について、占有面積 A 、周囲長 U 、円に対するスペースファクタ F ならびに円に対する周囲長 U が描かれている。

【0012】

【表1】

| | A | U | F | U_0 |
|-----|--|----------------------------------|--|--|
| 円 | $A_3 = \pi \cdot r^2$ | $U_3 = 2 \cdot \pi \cdot r$ | 1 | 1 |
| 正方形 | $A_1 = 2 \cdot r^2$ | $U_1 = 4 \cdot r \cdot \sqrt{2}$ | $\frac{2}{\pi} = 0,637$ | $\frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = 0,900$ |
| 六角形 | $A_2 = \frac{3}{2} r^2 \cdot \sqrt{3}$ | $U_2 = 6 \cdot r$ | $\frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi} = 0,827$ | $\frac{3}{\pi} = 0,955$ |

【0013】この表からも明らかなように、正方形に対し六角形のスペースファクタ F が高められていて、円の面積の82.7%となっていることがわかる。

【0014】図2には、電極構造体20を備えたPMAの単層1の平面図が示されている。これはたとえば未加工部材ないしは生部材10であり、つまりまだ焼結されていない単層であるか、またはすでに焼結された層である。電極構造体20は同形状の多数の六角形電極2から成り、これらの六角形はその角で互いに接触している。有利にはA g P dから成る各電極2の間には三角形の切り捨て領域5が示されており、これは最も簡単な事例では材料で充填されていない領域である。電極構造体20は、有利にはスクリーン印刷によって未処理部材ないしは生部材10の表面に被着される。

【0015】生部材10は有利にはシート（生フィルムとも称する）として構成されている。生シートは、有利にはシート引き抜きまたはシート鋳込みにより得られるが、プレスされた構造を用いることもできる。

※【0016】セラミックスに類する圧電材料の場合、コンパクトないしは緻密なPMAを製造するために、プリントされた複数の生部材10が好適に合同に互いに重ね合わせられ、圧力作用または温度作用で焼結される。これは必要に応じてあとから分離される。

【0017】この場合、電極2のためのスクリーン印刷プロセスおよび生部材10の積層は有利には、あとから行われる外部のコンタクト6により望ましい多層構造が生じるように行われる。このことから図2は、たとえばすでに焼結されたコンパクトな圧電性固体3の平面図あるいはすでに焼結された単層1にも対応することになる。

【0018】電極2が少なくとも1つの面に少なくとも1つの切り欠きを有するように構成すると、接触接続を簡単にするのに有利である。これにより生部材10を、上下に位置する電極2の切り欠きが六角形の対向する面で交互に設けられるように構成することができる。有利にはこのような構成によって、個別化した後に多層圧電

※50

アクチュエータの2つの対向する面においてそれぞれ1つおきにしか電極が表面に達しないようにすることができる。そしてこのようにすることで、たとえば平面的な接触接続などの簡単な電氣的接触接続により、そのつど所望の電極2のグループを応動させることができるようになる。

【0019】多層圧電アクチュエータの個別化にあたり、コンパクトな固体3が多数の直線的な鋸カットラインSにより分離される。その際、六角形の横断面形状を有することの格別な利点とは、直線的な鋸カットラインSゆえにPMAの個別化にこれまで使用されてきた切断用鋸をそのまま利用できることである。たとえば固体3は支持体上に配向されて張設され、その際にこの支持体によって、60°という規定の角度で切断台を旋回させることができる一方、切断台を並進的に変位させることもできるように構成されている。これにより、個別化に必要な鋸カットラインSを作ることができる。この場合、切断されて残される領域は基板面積の4分の1である。

【0020】積層される生部材10の均一な構造を実現し、さらに焼結プロセスにおいて発生する内部の機械的なゆがみを抑えるために、三角形の切り捨て領域5は有利には電極構造体20の厚さに対応する充填材料で満たされ、たとえば電極材料の絶縁アイランドとともにこの切り捨て領域5をスクリーン印刷することにより行われる。

【0021】PMAには交互に配向された電極2の外部コンタクト6が、有利には部品の平坦な外面における電氣的なコンタクトタグのレーザはんだ付けなどにより取り付けられる。これにより多重のアレートコンデンサに等価の有利な多層電極構造体を製造することができ、たとえばPMAの対向する面に交互に配置された切り欠きを有する電極2のグループによる多層電極構造体を製造することができる。

【0022】次に、六角形の横断面形状をもつ多層圧電アクチュエータの利点について、以下の計算例に基づき説明する。

【0023】セラミックスの弾性率を $E_F = 38 \text{ [GPa]}$ とし、圧電率 $d_{33} = 650 \cdot 10^{-12} \text{ [mV]}$ とすると、寸法(幅・深さ・長さ)が $7 \cdot 7 \cdot 30 \text{ mm}$ である正方形の横断面形状をもつPMAが、10mmの内径をもつシリンダ状ケーシングに配置されている場合、剛性 $C_F = 62 \text{ [N/}\mu\text{m]}$
 $E_F = 2 \text{ [kV/mm]}$ のとき制止力 $F_F = 2421 \text{ [N]}$
 となる。

【0024】同じケーシング条件のもとで、六角形のPMAであってその六角形の辺の長さがケーシング内径の半分である5mmの場合、
 剛性 $C_F = 82 \text{ [N/}\mu\text{m]}$

$E_F = 2 \text{ [kV/mm]}$ のとき制止力 $F_F = 3209 \text{ [N]}$
 となる。

【0025】六角形の基本構造は、それよりも高いオーダーのn角形よりも次の点で優れている。すなわちそのようなn角形であると、個別部材を切断用鋸によりあとで分離するという付随条件のもとで、表面の寄せ合わせを実現できない。また、1つの六角形の周囲長は正方形に対し約6%しか増えないので、PMAの外面に対する後続処理のための余分な手間ないしはコストは無視できる程度である。

【0026】圧電材料として有利には、ペロブスカイト(たとえば BaTiO_3 , SrTiO_3 , PbTiO_3 , KATiO_3 , PbZrO_3 , $\text{Pb(Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$ (PZT), KNbO_3 , LiNbO_3 , LiTaO_3)が使用される。

【0027】電極の材料として、あらゆる適切な金属または合金を使用することができ、この場合、貴金属が有利である。とりわけAgPdが有利である。

【0028】図3のaには六角形のPMAの斜視図が描かれており、これは交互に取り付けられた圧電単層1と電極2によって構成されている。外部コンタクト6は、1つの外部コンタクト6にそれぞれ1つおきに電極2が接触接続されているように構成されている。破線Aは、図3のbに示す断面図を描くために想定された分断ラインの延び具合を表している。

【0029】図3のbには、図3のaと同様のPMAが上記の分断ラインAに沿ってカットした断面図として描かれている。この図には、外部コンタクト6に対し電極2が交互に接触接続している様子が表されている。これは電極2に設けられた切り欠きによって実現され、ここではそれを通して断面が延びている。外部コンタクト6に電圧を印加することにより、この電極構造体は多層コンデンサのように振る舞う。個々の矢印によって、電圧印加時に発生する電界が表されている。

【0030】正方形の基本平面に比べて最適な円形に格段良好に近づけたことで、さらに以下のような機能的な利点が得られる。すなわち、たとえば駆動すべきエレメントへの力の案内が均一に行われるようになり、また、多層素子における機械的な応力分布がいったん均一になり、さらに電極構造体20の角における電界の不均一性が、いったん鈍角になった周縁の角度ゆえに(90°ではなく120°となったがゆえに)低減されるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】関連する横断面形状を示す図である。

【図2】分離されていない圧電部材の平面図である。

【図3】PMAの斜視図および断面図である。

【符号の説明】

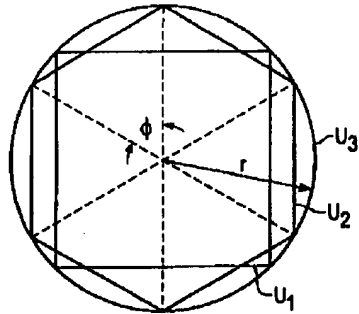
1 単層

2 電極

- 3 圧電性固体
- 4 多層圧電素子
- 5 切り捨て領域
- 6 外部コンタクト

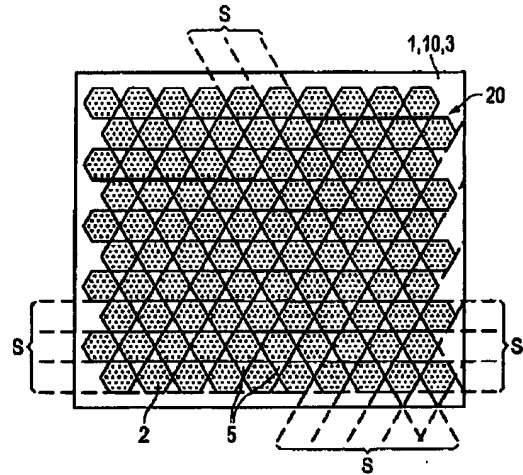
- 10 生部材
- 20 電極構造体
- S 鋸カットライン

【図1】

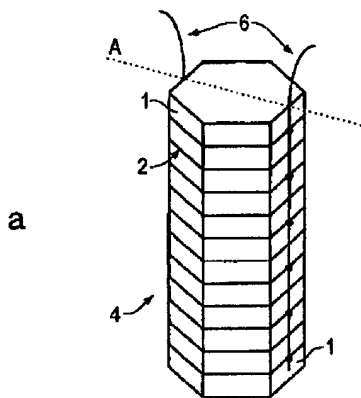


| | A | U | F | U_0 |
|-----|--|----------------------------------|--|--|
| 円 | $A_3 = \pi \cdot r^2$ | $U_3 = 2 \cdot \pi \cdot r$ | 1 | 1 |
| 正方形 | $A_1 = 2 \cdot r^2$ | $U_1 = 4 \cdot r \cdot \sqrt{2}$ | $\frac{2}{\pi} = 0,837$ | $\frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = 0,900$ |
| 六角形 | $A_2 = \frac{3}{2} \cdot r^2 \cdot \sqrt{3}$ | $U_2 = 6 \cdot r$ | $\frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi} = 0,827$ | $\frac{3}{\pi} = 0,955$ |

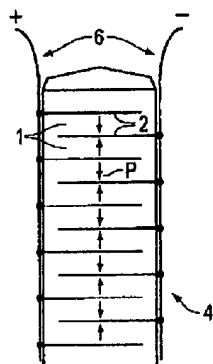
【図2】



【図3】



a



b

フロントページの続き

(72)発明者 ランドルフ モック
ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ルートヴ
ィッヒーエルハルトーアレー 29

(72)発明者 ハンス マイクスナー
ドイツ連邦共和国 ハール マックスプ
ランクーシュトラーセ 5